

ПАРОТУРБИННАЯ УСТАНОВКА С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛА СБРОСНОГО ВОЗДУХА ВОЗДУШНО-КОНДЕНСАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

Гортышов Ю.Ф.* , Олимпиев В.В.** , Попов И.А.*

* Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева

** Казанский энергетический институт, г. Казань

Введение

Все более широкое применение в технике тепловых электростанций (ТЭС) находят паротурбинные установки (ПТУ) с воздухо-конденсационными установками (ВКУ), которые обладают некоторыми несомненными преимуществами по сравнению с ПТУ, содержащими водяные конденсаторы отработанного пара. Однако, одновременно с принципиальными достоинствами, ПТУ с ВКУ имеют существенные негативные качества, отрицательное влияние которых на эффективность паросиловой установки возможно снизить посредством целесообразного проектирования вспомогательного оборудования и рационального построения тепловой схемы установки в целом. Следовательно, в настоящее время актуальными являются задачи разработки перспективных схем ПТУ с ВКУ и совершенствование составляющего их оборудования.

Известно, что основные потери тепла при производстве электроэнергии связаны со сбросной теплотой конденсаторов ПТУ, утилизация которой может существенно поднять к.п.д. ПТУ [1]. В случае водяных конденсаторов это тепло утилизируется в теплицах [2], при кондиционировании воздуха [1], для подогрева воды от химводоочистки (ХВО) и сетевой воды в конденсаторе с ухудшенным вакуумом [3], во фреоновых турбинах на тепле сбросной воды [1]. Однако в настоящее время естественное водоснабжение практически не используется, кроме того, остра проблема защиты окружающей среды от теплового загрязнения [4]. Поэтому очень перспективно использование ВКУ, но они повышают капитальные затраты на создание ПТУ и снижают к.п.д. ПТУ за счет строительства вытяжных башен и повышения давления в конденсаторе. Вследствие этого очень важна проблема утилизации тепла ВКУ [4].

Постановка задачи и метод решения

В настоящее время широкое применение нашла паротурбинная установка, содержащая паровую турбину с электрогенератором, систему регенеративного подогрева воды, котел с воздухоподогревателем и воздушно-конденсационную установку типа Геллера- Форго [3,5].

Недостатками данного устройства являются отсутствие утилизации тепла сбросного воздуха, снижающее эффективность паротурбинной установки, и высокие капитальные затраты на оборудование громоздких вытяжных башен.

Поставленная задача решается тем, что новая ПТУ содержит ЭКУ, состоящую из конденсатора на вращающихся дисках, совмещенно с двумя воздуходувками, выхлопные патрубки которых соединяются со входом воздухоподогревателя котла ПТУ.

Для решения указанной задачи в паротурбинной установке, содержащей паровую турбину с электрогенератором, систему регенеративного подогрева воды, котел с воздухоподогревателем и воздушно-конденсационную установку, воздушно-конденсационная установка включает два рабочих колеса центробежных воздуходувок, установленных на общем полом валу с образованием между необлопаченными сторонами кольцевой полости, в валу выполнены отверстия, сообщающие полость вала с кольцевой полостью, полый вал сообщен с выходом турбины, кольцевая полость сообщена с системой регенеративного подогрева воды, а воздухоотводящие патрубки рабочих колес центробежных воздуходувок сообщены со входом воздухоподогревателя котла. На стенках кольцевой полости выполнены кольцевые выступы. Кроме того воздухоотводящие патрубки рабочих колес центробежных воздуходувок сообщены со входом как воздухоподогревателя котла, так и с другими потребителями тепла.

Описание устройства

Паротурбинная установка (рис.1) состоит из турбины с электрогенератором, системы регенеративного подогрева воды (ПНД, деаэратор, ПВД), котла 1 с воздухоподогревателем 2 и воздушно-конденсационной установки 3 с приводом вращения, соединенным патрубками 4 с воздухоподогревателем 2.

Воздушно-конденсационная установка (рис.2) содержит конденсатор новой конструкции, который состоит из 2-х вращающихся дисков 5 и 6. Диски 5 и 6 жестко связаны с полым валом 7, одновременно диск 1 жестко связан с валом 8. Таким образом, диски 5 и 6 и валы 7 и 8 составляют единый сборочный узел.

Полый вал 7 соединен с неподвижным подводящим паропроводом 16 посредством контактного уплотнения 17, а вал 8 через муфту 18 соединен с приводом вращения 19. Валы 7 и 8 вращаются в опорах 12.

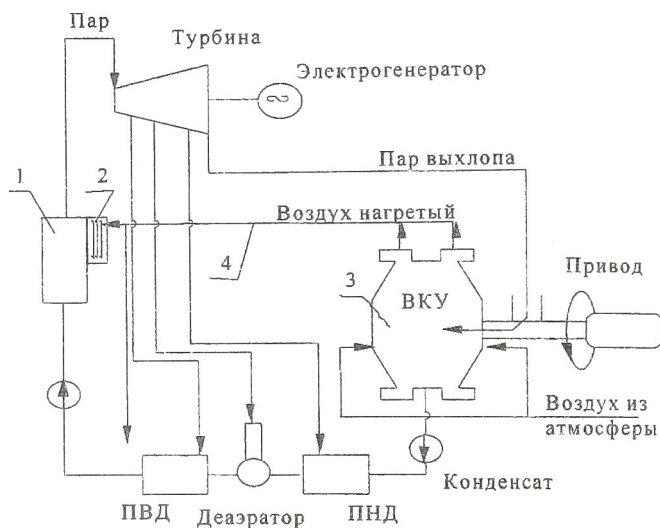


Рисунок 1

На наружной поверхности дисков 5 и 6 установлены лопатки 5, в результате чего диски 5 и 6 представляют собой рабочие колеса центробежного компрессора - воздуходувки. Рабочие колеса находятся в крышках 13 воздуходувки с улиткой 11 и направляющим входным аппаратом 10. Крышка 13 установлена на общем корпусе установки 15 с уплотнениями 14.

Принцип работы

Устройство работает следующим образом. Конденсат из воздушно-конденсационной установки прокачивается насосами через систему регенеративного подогрева воды и далее питательным насосом вода подается в котел 1, пар из которого поступает на турбину, приводящую во вращение электрогенератор. После турбины пар выхлопа поступает в воздушно-конденсационную установку, в которой за счет охлаждения воздухом обеспечивается конденсация пара. Привод вращения 19 через муфту 18 приводит во вращение вал 8 и жестко связанные с ним диски 5 и 6 конденсатора и полый вал 7. Пар через полый вал 7 и отверстия в нем поступает в полость между вращающимися дисками 5 и 6. Под действием центробежных сил и сил трения пар движется к периферии дисков и при этом расширяется за счет увеличения проходного сечения между дисками при увеличении радиуса, что приводит к охлаждению и конденсации пара. Конденсация пара наиболее интенсивно происходит на внутренней поверхности дисков 5 и 6 за счет теплообмена пара с дисками,

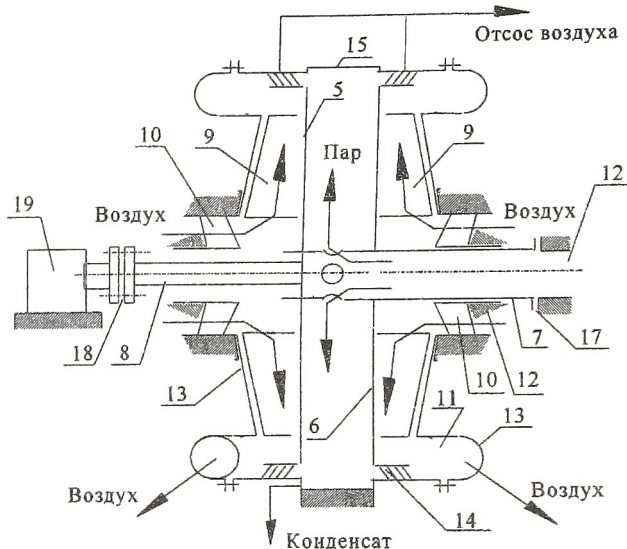


Рисунок 2

охлаждаемыми с наружной стороны воздухом, поступающим через входной аппарат 10 на лопатки 9 дисков 5 и 6. При вращении дисков 5 и 6 пленка конденсата пара на поверхности дисков смещается с поверхности вращающихся дисков под воздействием центробежных сил и отбрасывается в полость корпуса 15, откуда откачивается на повторное использование. Атмосферный воздух, подогретый паром в результате теплообмена через стенки дисков в рабочем колесе воздухоподогревателя, поступает в улитку 13 и далее направляется в воздухоподогреватель котла для утилизации тепла конденсации пара. Поступающий в рабочее колесо воздух одновременно снимает часть тепла трения с опор 12. Для обеспечения процесса конденсации пара в зазоре между вращающимися дисками и работы уплотнений 10 из последних организуется отсос воздуха.

Обсуждение результатов

Таким образом, предлагаемая ПТУ с новой ВКУ на вращающихся дисках обладает следующими преимуществами по сравнению с известными:

- использование в схеме ПТУ описанной ВКУ освобождает от строительства вытяжной башни или существенно сокращает ее стоимость и размеры,
- описанная схема ПТУ применима как для основных, так и для приводных турбин,

- в отличие от известных схем непрямого подогрева воздуха при водяных конденсаторах впервые для предварительного подогрева используется термодинамически выгодный, низкопотенциальный пар турбины вместо тепла отборного или выхлопного пара, конденсата, охлаждающей и сетевой воды, тепла продуктов сгорания котла [7],
- утилизацией тепла конденсации пара в топке котла,
- повышением эффективности ПТУ в целом,
- отсутствием теплового загрязнения природных водоемов,
- возможностью использования в маловодных районах,
- утилизацией тепла конденсации пара в потребителях нагретого воздуха, например, теплицах, зданиях ТЭС и т.д.

Для оценки технико-экономического качества разработанной ПТУ проведены расчеты ее тепловой схемы, которые показали следующее. Расчетная оценка проведена для конденсационного паротурбинного блока мощностью 500МВт, использующего экибастузский уголь и работающего на ГРЭС в Казахстане.

Объемный расход воздуха, потребный для работы котла, равен

$$Q_B = \beta_1 B (\alpha_T - \Delta\alpha_T + \Delta\alpha_{ВП}) V_B^0 \frac{273 + t_{ХВ}}{273},$$

где $\alpha_T = 1,2$; $\Delta\alpha_T = 0,05$; $\Delta\alpha_{ВП} = 0,02$; $\beta_1 = 1,05$; $V_B^0 = 4,2$; $t_{ХВ} = 30^\circ\text{C}$; $B = 304,1$ м/с (обозначения согласно [3]), тогда

$$Q_B = 1741,7 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Тепловая нагрузка конденсатора

$$Q_K = D_K^П (\Delta i_K) = 610045 \text{ кВт}.$$

Объемный расход воздуха через ВКУ определяется соотношением

$$Q_K = \rho_B V_B c_p \Delta t_B,$$

при условии, что $\Delta t_B = 20^\circ\text{C}$, имеем

$$V_B = 94689144 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Следовательно, количество воздуха, необходимое для съема тепла конденсации пара в ВКУ, более чем в 50 раз превышает расход воздуха, потребный для работы котла. Сопоставление показывает, что подавляющая часть сбросного тепла воздуха, охлаждающего ВКУ, должна утилизироваться помимо воздухоподогревателя котла - на иных объектах: в теплицах, зданиях ТЭС и др. Это осложняет в некоторой мере эффектив-

ное использование предлагаемой схемы ПТУ. Для расширения возможностей утилизации тепла сбросного воздуха ВКУ выхлопной патрубок помимо котла целесообразно, например, соединить с вихревой трубой, от которой воздух со значительно повышенной температурой можно направить на аккумулирование тепла: обогрев бака-аккумулятора с горячей водой. Однако, даже при отсутствии утилизации тепла сбросного воздуха ВКУ на других объектах (за исключением котла) и при параметрах пара в ВКУ - $p_k = 15$ кПа и $t_k = 54^\circ\text{C}$ расчетная оценка к.п.д. нетто энергоблока приводит к величине, примерно, 36%, что вполне приемлемо технически для определенных условий работы ГРЭС.

Заключение

Возможно заключить, что разработанная схема ПТУ с ВКУ может применяться для ГРЭС, расположенных в маловодных районах. Кроме этого описанная в работе ВКУ может использоваться в водопаровом контуре ГТУ-ТЭЦ и ПТУ на базе ГТД.

Установка позволяет утилизировать отходящую теплоту и может быть соединена с потребителями подогретого воздуха, например, с теплицей, системой кондиционирования здания ТЭС, системой предварительного подогрева воды химводоочистки или системой подогрева воды рыбоводного бассейна

Материалы доклада защищены авторским правом.

Список литературы

1. Рей Д. Экономия энергии в промышленности. М.: Энергоатомиздат, 1983. ...
2. Вертман А.А. и др. К вопросу об использовании низкопотенциальных тепловых ресурсов АЭС // Теплоэнергетика, №8, 1983.
3. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. М.: Энергия, 1979.
4. Энергетика и охрана окружающей среды / Под ред. Залогина Н.Г. и др. М.: Энергия, 1979.
5. Щербинин А.С. Обратная система циркуляционного водоснабжения с воздушным охлаждением Балабинской ТЭЦ. Электрические станции. 1984.
6. Щукин В.К. Проблема массовых сил в гидродинамике и теории конвективного теплообмена. Межв.сб.: Тепло- и массообмен в двигателях летательных аппаратов. Казань, КАИ, 1982.
7. Кроль Л.Б. и др. Конвективные элементы мощных котельных аппаратов. М.: Энергия, 1976.